

ĐẶC ĐIỂM CẤU TRÚC SÂU VÀ ĐỊA ĐỘNG LỰC ĐỐI SÔNG HỒNG THEO TÀI LIỆU TỪ TELUA TUYẾN THANH SƠN - THÁI NGUYÊN

ĐOÀN VĂN TUYẾN, ĐINH VĂN TOÀN,
NGUYỄN TRỌNG YÊM, NGUYỄN VĂN GIẢNG

I. MỞ ĐẦU

Đới Sông Hồng là một cấu trúc địa chất kéo dài gần 1.000 km từ Tây Tạng (Trung Quốc) qua lãnh thổ Việt Nam ở Lào Cai tới vịnh Bắc Bộ. Theo tài liệu nghiên cứu địa chất - kiến tạo, đới Sông Hồng là một đứt gãy nội lục, hình thành bởi dịch chuyển khối Đông Dương về phía đông nam, gây ra trong quá trình đụng độ mảng Ấn Độ và mảng châu Á. Đứt gãy này hoạt động trong thời kỳ Kainozoi (21 - 16 tr.n) có đặc trưng dịch trượt trái với biên độ dịch chuyển hàng trăm kilomet. Vào thời kỳ cuối Mioxen (5,5 tr.n) hoạt động của nó lại có đặc trưng dịch trượt phải [13] (hình 1a).

Trên lãnh thổ Việt Nam, đới Sông Hồng được coi là ranh giới phân chia hai miền địa chất : miền Đông Bắc với những đặc trưng địa chất vùng rìa của nền Nam Trung Hoa ; miền Tây Bắc với những đặc trưng địa chất của vùng Đông Dương. Rìa đới Sông Hồng về phía đông bắc có hai đứt gãy chạy song song là Sông Chảy và Sông Lô (hình 1).

Trong những năm gần đây, các nhà địa chất Việt Nam và thế giới đang quan tâm nghiên cứu đới Sông Hồng. Về địa vật lý cũng đã có một số tài liệu và kết quả, đó là bản đồ dị thường từ hàng không ΔT_a miền Bắc Việt Nam tỷ lệ 1:500.000 ; bản đồ dị thường trọng lực Bughe Δg_B tỷ lệ 1:500.000 cho miền Bắc Việt Nam và 1:200.000 cho vùng trũng Hà Nội. Dựa vào các lỗ khoan thăm dò và quan trắc thủy văn đã xác lập được sơ đồ phân bố dòng nhiệt cho vùng đông nam đới Sông Hồng (trũng Hà Nội) [5]. Các nghiên cứu địa chấn động đất cho thông tin về phân bố chấn tiêu và đặc điểm hoạt động địa chấn của đới Sông Hồng [9, 15, 18]. Trong năm 1996, thông qua

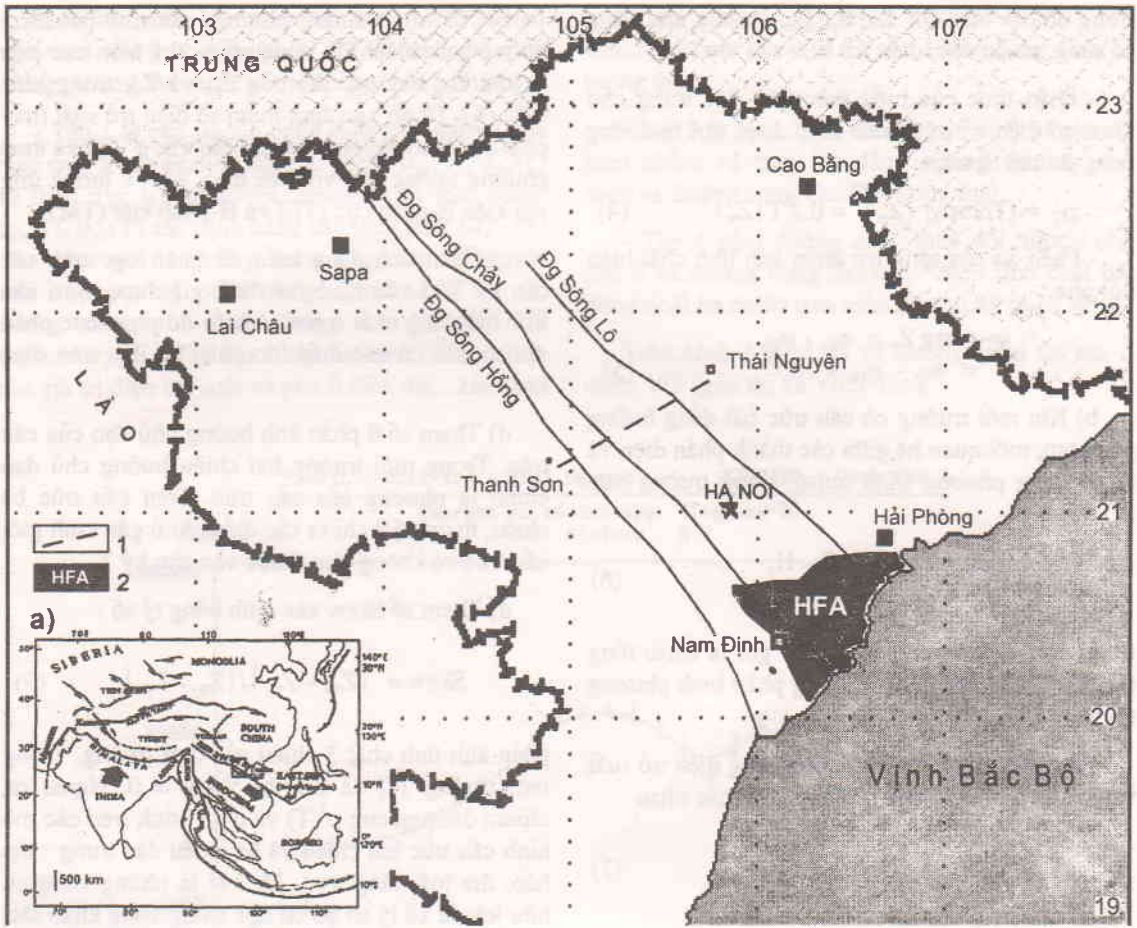
hợp tác giữa viện Vật lý Địa cầu Paris (Pháp) với viện Vật lý Địa cầu và Viện Địa chất thuộc Trung tâm Khoa học Tự nhiên và Công nghệ Quốc gia, đo sâu từ telua được tiến hành trên một số tuyến đo cắt qua đới Sông Hồng [18]. Tuy điều kiện nghiên cứu còn hạn chế, nhưng đây là phương pháp dò sâu địa vật lý đầu tiên thực hiện trên đới Sông Hồng. Bài viết này trình bày những thông tin mới về đặc điểm cấu trúc vỏ Trái Đất, đặc biệt là thông tin về tính chất bất đồng nhất của thạch quyển thể hiện trên tài liệu từ telua ở tuyến Thanh Sơn - Thái Nguyên. Bản chất vật lý của các cấu trúc sâu cho phép lý giải một số biểu hiện kiến tạo và địa động lực đáng quan tâm ở đới đứt gãy Sông Hồng.

II. VỀ CƠ SỞ VÀ KỸ THUẬT THỰC HIỆN

1. Cơ sở phương pháp

Cơ sở lý thuyết và áp dụng phương pháp từ telua vào mục đích thăm dò lòng đất được đề xuất đầu tiên ở Pháp (Cagniard) và Liên Xô cũ (Tikhonov) từ những năm 1950. Sau đó phương pháp này được áp dụng rộng rãi ở châu Âu, Mỹ, Australia... và kỹ thuật ngày càng được hoàn thiện [1, 17].

Phương pháp từ telua có tính ưu việt nhờ việc sử dụng nguồn trường điện từ tự nhiên là tầng điện ly tồn tại trên lớp khí quyển của Trái Đất. Nghiên cứu tính chất phân bố trường điện từ tẽ-lua ở những chu kỳ khác nhau trên mặt đất có thể nhận được thông tin về tính chất dẫn điện ở độ sâu khác nhau, phản ánh cấu trúc của Trái Đất. Mối quan hệ giữa độ sâu "dòng thấm" p với điện trở suất môi trường (ρ) và chu kỳ dao động sóng điện từ (T) có dạng :



Hình 1. Phân bố đứt gãy kiến tạo chính trong đới Sông Hồng và tuyến đo từ telua trên bản đồ miền Bắc Việt Nam

Sơ đồ kiến tạo châu Á theo Tapponnier và nnk (1982) (a), 1. tuyến đo từ telua Thanh Sơn - Thái Nguyên, 2. vùng dị thường dòng nhiệt > 60 mW/m²

$$p = (1/2\pi) \sqrt{12\rho T} \quad (1)$$

trong hệ đo : p = km, $\rho = \Omega \text{ m}$, T = giây.

Từ đây có thể đánh giá được điều kiện áp dụng phương pháp từ telua. Trong thạch quyển, điện trở suất của đá có giá trị thay đổi từ đơn vị đến hàng chục nghìn Ωm . Khi quan sát dao động điện từ trong dải tần số $T = 10^{-3} - 10^3$ giây có thể nghiên cứu được độ sâu từ mặt đất tới hàng chục kilomet.

Trong thực tế trên bề mặt môi trường có thể ghi được các thành phần E_x, E_y, H_x, H_y theo một hệ trục vuông góc x, y. Từ đó có thể xác định được tham số phản ánh tính chất môi trường cho mô hình cụ thể.

a) Cho môi trường có tính chất đẳng hướng (phân lớp song song - phẳng ngang : 1-D), tham số tổng trở xác định được bằng biểu thức giải tích [1]:

$$Z_n = E_x/H_y = - E_y/H_x \quad (2)$$

$$Z_n = - (i\omega/k_1) \text{cth} \{k_1 h_1 + \text{arcth} [\sqrt{\rho_2 / \rho_1} \text{cth}(k_2 h_2 + \dots + \text{arcth} [\sqrt{\rho_{n-1} / \rho_{n-2}} \text{cth}(k_{n-1} h_{n-1} + \text{arcth} [\sqrt{\rho_n / \rho_{n-1}}] \dots)]] \} \quad (3)$$

trong đó : ω - tần số, k_m, h_m, ρ_m - tương ứng hằng số sóng, chiều dày, điện trở suất của lớp "m".

- Phần thực của biểu thức trên đặc trưng cho tham số điện trở suất biểu kiến được gọi là đường cong đo sâu từ telua:

$$\rho_T = (T/2\pi\mu_0) |Z_n|^2 = 0.2 T |Z_n|^2 \quad (4)$$

- Phần ảo của tổng trở phản ánh tính chất biến đổi pha :

$$\begin{aligned} \varphi_T &= \arg Z_n = \varphi_{E_x} - \varphi_{H_y} \\ &= \varphi_{E_y} - \varphi_{H_x} + 180^\circ \end{aligned} \quad (5)$$

b) Khi môi trường có cấu trúc bất đẳng hướng phức tạp, mối quan hệ giữa các thành phần điện và từ có dạng phương trình tenso, trong trường hợp 2D :

$$\begin{aligned} E_x &= Z_{xx} H_x + Z_{xy} H_y \\ E_y &= Z_{yx} H_x + Z_{yy} H_y \end{aligned} \quad (6)$$

trong đó : Z_{ij} ($i = x, j = y$) được gọi là tenso tổng trở, xác định được bằng phương pháp bình phương tối thiểu [17, 19].

Trong trường hợp này đường cong điện trở suất và pha theo từng hướng sẽ có giá trị khác nhau.

$$\begin{aligned} \rho_{ij} &= (T/2\pi\mu_0) |Z_{ij}|^2 \\ \varphi_{ij} &= \tan^{-1} [\text{Im}(Z_{ij}) / \text{Re}(Z_{ij})] \end{aligned} \quad (7)$$

2. Phương pháp xử lý tài liệu

Khi môi trường có tính chất đẳng hướng (1D) thì đường cong đo sâu theo các hướng khác nhau sẽ không có sự khác biệt, tức là :

$$\rho_{xy}(T) = \rho_{yx}(T) \quad (8)$$

Nhưng trong thực tế, do hoạt động địa chất - kiến tạo, môi trường thường có tính chất bất đồng nhất phức tạp, khác với điều kiện phân lớp song song - phẳng ngang. Vì vậy, để nhận được thông tin về cấu trúc bất đồng nhất đòi hỏi phải sử dụng công cụ xử lý và phân tích tài liệu cho môi trường hai và ba chiều (2D - 3D). Các biện pháp xử lý tài liệu sau đây được đề xuất để làm tăng thông tin và độ tin cậy cho phương pháp từ telua [1, 2, 14].

a). Đường tiệm cận "S" (đường thẳng hợp với trục \sqrt{T} góc 63°) và "h" (đường thẳng hợp với trục \sqrt{T} góc -63°) trên đường cong đo sâu phản ánh độ dày lát cắt trên nền điện tựa và độ sâu tới bề mặt lớp dẫn điện.

b) Xác định đường phương của trục bất đẳng hướng hai chiều. Đó là dấu hiệu thể hiện cực tiểu Z_{xx} và Z_{yy} hay cực đại của Z_{yx} và Z_{xy} trong biểu thức (6). Từ đó xác định tham số điện trở suất (hay pha) dọc theo phương kéo dài cấu trúc $\rho^{\parallel}(T)$ và theo phương vuông góc với cấu trúc $\rho^{\perp}(T)$, tương ứng với kiểu E-phân cực (TE) và H-phân cực (TM).

c) Phân tích dạng biểu đồ phân cực trên các chu kỳ T xác định có thể đánh giá được vị trí cấu trúc bất đồng nhất ở nơi có biểu đồ phân cực phân dị cao, khi có các điểm đo phân bố đều trên diện khảo sát.

d) Tham số θ phản ánh hướng chủ đạo của cấu trúc. Trong môi trường hai chiều hướng chủ đạo chính là phương của cấu trúc. Trên cấu trúc ba chiều, tham số θ chỉ ra các điểm đo ở gần ranh giới cấu trúc và không phụ thuộc vào chu kỳ T.

đ) Tham số Skew xác định bằng tỷ số :

$$\text{Skew} = |Z_{xx} + Z_{yy}| / |Z_{xy} - Z_{yx}| \quad (9)$$

phản ánh tính chất 3 chiều của môi trường. Trong môi trường 1D và 2D thì $\text{Skew} = 0$. Ngoài ra, album đường cong $\rho^{\parallel}(T)$ và $\rho^{\perp}(T)$ tính trên các mô hình cấu trúc hai chiều và ba chiều đặc trưng : địa hào, địa lũy, lăng trụ... [2, 14] là những công cụ hữu ích để xử lý sơ bộ tài liệu trong vùng khảo sát.

II. KẾT QUẢ ĐO SÂU TỪ TELUA

1. Phương pháp thực địa và xử lý tài liệu

Trong năm 1996 đã thực hiện đo sâu từ telua theo tuyến từ thị trấn Thanh Sơn (Phú Thọ), qua Việt Trì đến Thái Nguyên. Tổng cộng có 8 điểm đo đạt chất lượng. Khoảng cách giữa các điểm đo là 8 - 10 km. Sơ đồ phân bố tuyến đo thể hiện trên hình 1 cùng với các đứt gãy chính và vùng phân bố dị thường dòng nhiệt $> 60 \text{ mW/m}^2$ ở đồng nam vùng trũng Hà Nội [5].

Thiết bị đo là trạm lưu động LAGAS chế tạo tại Pháp, cho phép ghi và theo dõi liên tục trên màn hình máy tính tín hiệu các thành phần E_x, E_y, H_x, H_y trong khoảng chu kỳ 0,001 - 750 giây. Đường dây đo thành phần điện là hai cặp lưỡng cực có độ dài 100 - 150 m bố trí theo phương vị B $50^\circ \pm 5^\circ$ (trục x) và B $140^\circ \pm 5^\circ$ (trục y) gần với phương vuông góc và kéo dài của các đứt gãy trong đới Sông Hồng.

Một phần mềm cho phép tiến hành xử lý số liệu ngay sau khi thực hiện phép đo để đánh giá chất lượng tài liệu thu được gồm các tập thông tin sau :

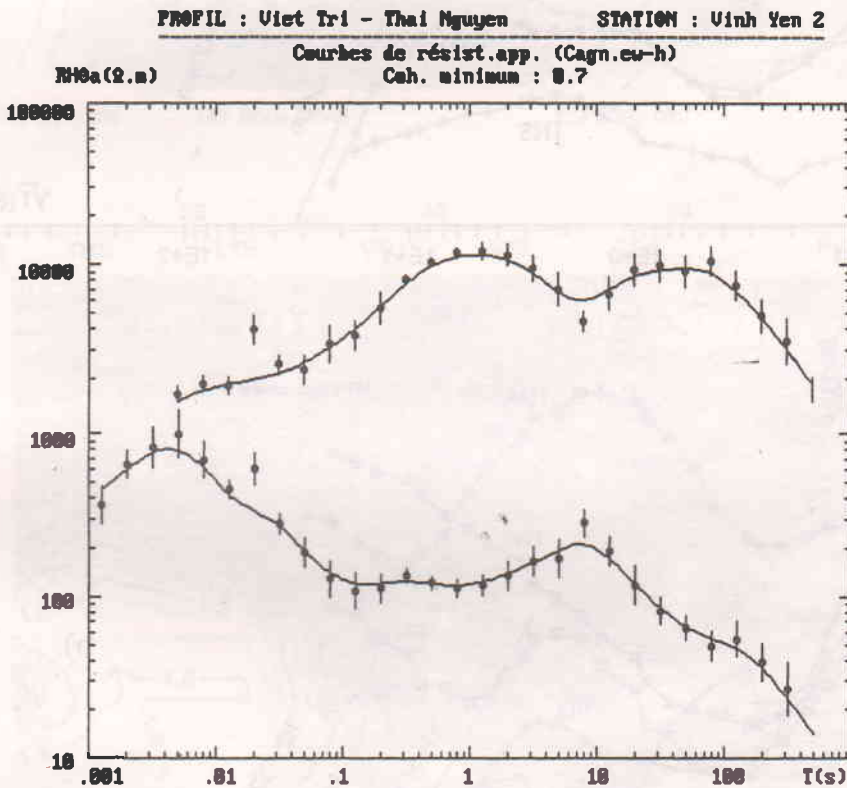
- Tập 1 là cặp đường cong điện trở suất và pha theo trục x cắt ngang cấu trúc chính $\rho_{xy}(T)$, $\varphi_{xy}(T)$ và theo trục y hướng dọc phương cấu trúc chính $\rho_{yx}(T)$, $\varphi_{yx}(T)$ xác định bằng các biểu thức (4) - (5) còn được gọi là đường cong Cagniard. Ứng với mỗi đường cong $\rho(T)$, trong tập này còn có các đường cong thể hiện thống kê độ gắn kết (coherency) $Coh(T)$ khi xử lý tín hiệu để xác định các giá trị điện trở suất và pha ở thực địa.

- Tập 2 là các cặp tenso điện trở suất và pha theo biểu thức (6) - (7) và các đường cong $Coh(T)$ tương ứng.

- Tập 3 là các cặp tenso điện trở suất và pha đã hiệu chỉnh về trục bất đẳng hướng (hướng chủ đạo) và đường cong $Coh(T)$ tương ứng.

- Tập 4 gồm đường cong thay đổi hướng chủ đạo θ và đường cong Skew thể hiện tính chất bất đồng nhất ba chiều trên toàn bộ chu kỳ quan sát T.

Trên hình 2 là ví dụ về đường cong đo sâu ở điểm VI2 (gần thị xã Vĩnh Yên).



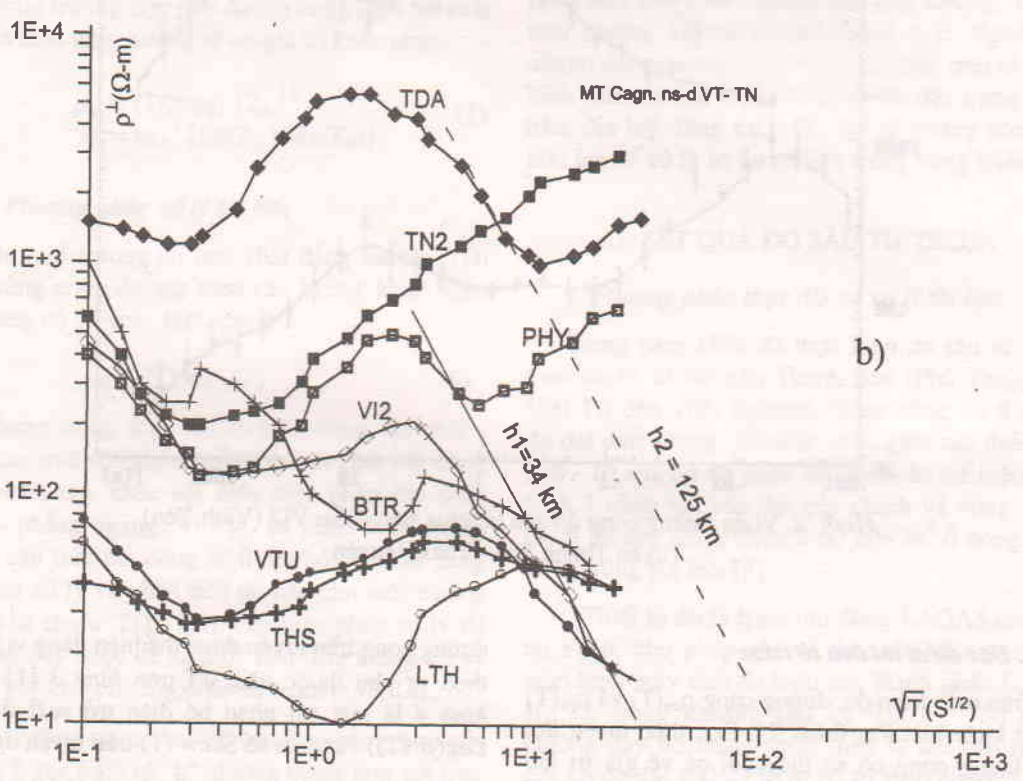
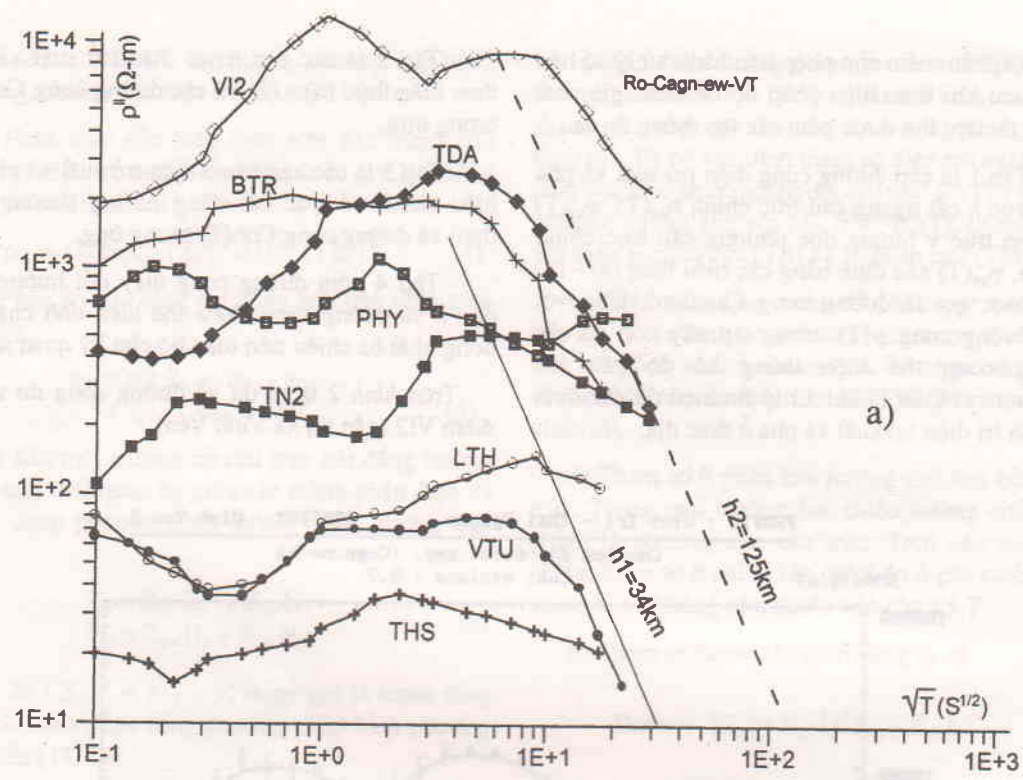
Hình 2. Ví dụ đường cong đo sâu từ telua trên điểm VI2 (Vĩnh Yên)
Tuyến Thanh Sơn - Thái Nguyên

2. Đặc điểm tài liệu từ telua

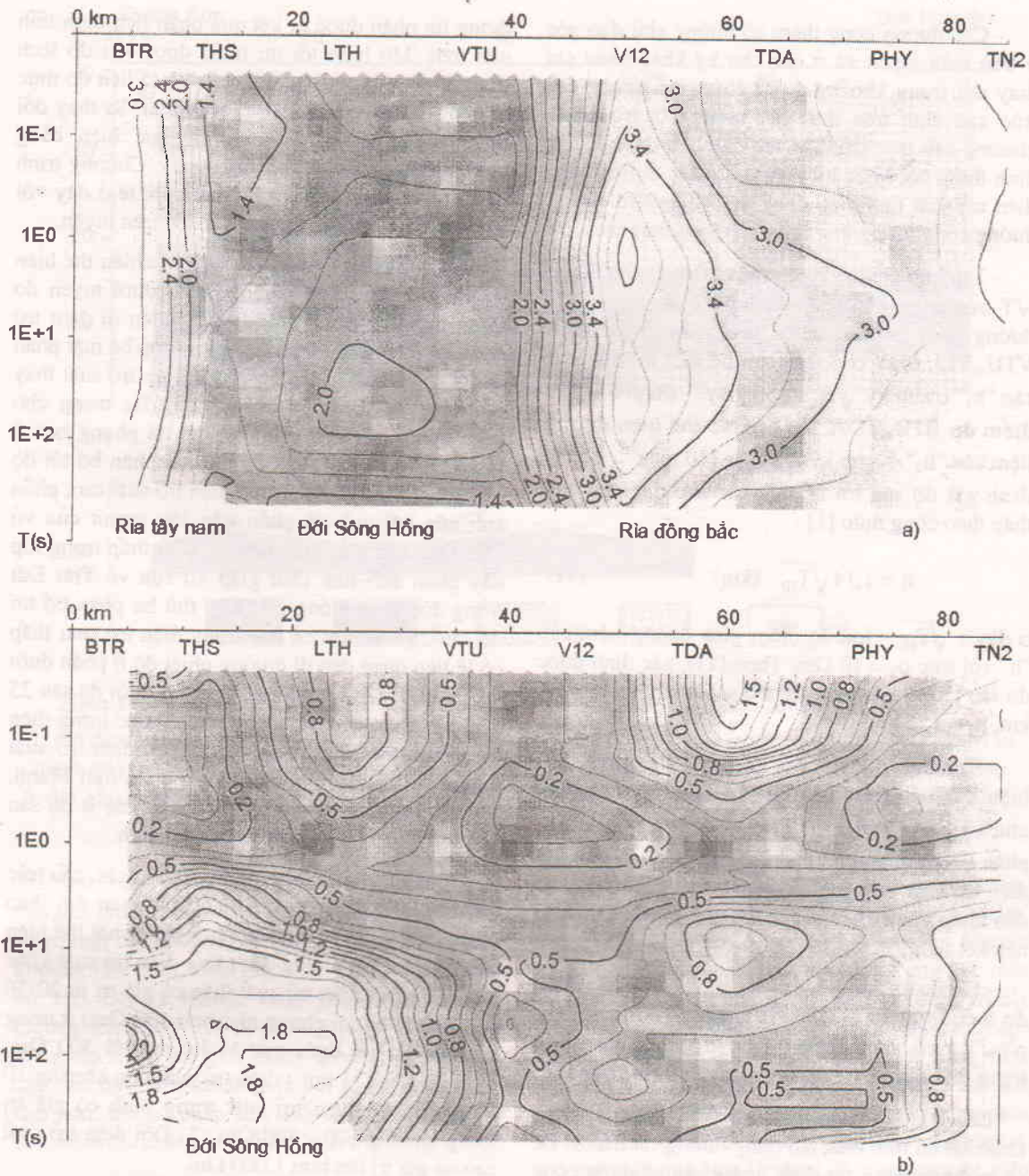
Trên mỗi điểm đo, đường cong $\rho_{xy}(T)$ và $\rho_{yx}(T)$ có sự khác biệt lớn (hình 2). Dọc theo tuyến đo, các đường cong có sự thay đổi cả về giá trị lẫn hình dạng, chứng tỏ môi trường có tính chất bất đẳng hướng cao. Để xác định tham số "h" phản ánh độ sâu tới bề mặt lớp điện trở suất thấp, các

đường cong trên tuyến được thể hiện dạng vi phân theo sự phụ thuộc vào \sqrt{T} trên hình 3 [1]. Trên hình 4 là mật cắt phân bố điện trở suất ở dạng $\text{Log}(\rho^{\perp}(T))$ và tham số Skew (T) trên tuyến đo.

Tập hợp số liệu trên tuyến đo đã phản ánh trực tiếp những thông tin sơ bộ (định tính và bán định lượng) như sau :



Hình 3. Đường cong đo sâu từ telua ρ (\sqrt{T}) tuyến Thanh Sơn - Thái Nguyên và các đường tiệm cận h của lớp dẫn điện



Hình 4. Mặt cắt phân bố điện trở suất $\text{Log}(\rho_T)$ và tham số Skew (b) tuyến Thanh Sơn - Thái Nguyên

- Mặt cắt phân bố điện trở suất trên tuyến (hình 4a) cho thấy môi trường có vùng điện trở suất cao đạt tới $10^3 - 10^4 \Omega\text{m}$ ở đầu tuyến (điểm BTR) và nửa cuối tuyến đo (từ điểm VI2 tới TN2), phản ánh cấu trúc ria đới Sông Hồng. Giữa tuyến đo (các điểm THS, LTH, VTU) là vùng điện trở suất thấp ($10^{1.4} - 10^2 \Omega\text{m}$) thể hiện cấu trúc đới Sông Hồng.

- Mặt cắt phân bố tham số Skew cho thấy sự tồn tại một lớp giá trị $< 0,2$ đơn vị dọc tuyến đo ở khoảng chu kỳ 0,1-1 giây, phản ánh tính chất 1D hay 2D ở phần trên. Ở các chu kỳ khác, tham số Skew có giá trị lớn, ở đầu tuyến với chu kỳ $T > 10^2$ giây đạt giá trị lớn nhất tới 1,8 đơn vị, phản ánh tính chất 3D của cấu trúc sau dưới đới Sông Hồng.

- Các đường cong tham số hướng chủ đạo góc θ trên toàn tuyến và ở các chu kỳ khác nhau chỉ thay đổi trong khoảng $\pm 5^\circ$, chứng tỏ hướng cấu trúc xác định trên thực địa tương đối trùng với phương cấu trúc chính. Điều này còn được khẳng định thêm bởi khác biệt nhỏ giữa các đường cong điện trở suất tính theo công thức Cagniard và các đường cong tương ứng tính theo biểu thức tenso.

- Tập hợp đường cong điện trở suất phụ thuộc \sqrt{T} trên tuyến cho phép đánh giá khả năng tồn tại đường tiệm cận "h". Giữa tuyến đo, ở các điểm VTU, VI2, PHY cho thấy xu thế một đường tiệm cận "h₁" ở chu kỳ $\sqrt{T_{10}} \approx 30$ giây^{1/2} (hình 3). Các điểm đo BTR, TDA, PHY, TN2 thể hiện đường tiệm cận "h₂" ở chu kỳ $\sqrt{T_{10}} \approx 110$ giây^{1/2}. Có thể đánh giá độ sâu tới bề mặt các lớp điện trở suất thấp theo công thức [1]:

$$h = 1,14 \sqrt{T_{10}} \quad (\text{km}) \quad (11)$$

ở đây: $\sqrt{T_{10}}$ - tọa độ điểm giao đường tiệm cận "h" với trục $\rho_T = 10 \Omega\text{m}$. Theo (11), xác định được độ sâu tới bề mặt lớp điện trở suất thấp là: $h_1 = 34$ km, $h_2 = 125$ km.

- Tập hợp đường cong $\rho^l(\sqrt{T})$ trên tuyến thể hiện cực tiểu trên toàn bộ các điểm đo ở khoảng chu kỳ $\sqrt{T_{10}} = 0,3 - 1$ giây^{1/2}, tương ứng vùng phân bố cực tiểu của tham số Skew, phản ánh lớp điện trở suất thấp gần bề mặt (3 - 5 km), phân bố đều khắp vùng khảo sát là lớp phủ phong hoá trên nền kết tinh.

- Ở chu kỳ lớn $\sqrt{T_{10}} > 10$ giây^{1/2} trên các điểm đo ở cuối tuyến (TDA, PHY, TN2) đường cong $\rho^l(\sqrt{T})$ có xu thế tăng điện trở suất phản ánh trạng thái rắn chắc của thạch quyển ở rìa đông bắc.

Các tham số trên đây cho thấy cấu trúc vùng khảo sát có tính chất bất đẳng hướng rất mạnh. Để nhận được thông tin định lượng cần sử dụng công cụ phân tích tài liệu cho môi trường hai chiều.

3. Mô hình cấu trúc sâu đới Sông Hồng

Để xây dựng mô hình cấu trúc, giá trị điện trở suất theo hai phương vị $\rho^l(T)$ và $\rho^h(T)$ trên tuyến được sử dụng cho phân tích định lượng. Công cụ phân tích là chương trình mô hình hoá hai chiều bằng phương pháp phần tử hữu hạn [4]. Mô hình ban đầu được lựa chọn từ kết quả phân tích các đường cong điện trở suất trên mỗi điểm đo và các

thông tin nhận được từ kết quả phân tích định tính nêu trên. Mô hình tối ưu nhận được khi độ lệch trung bình giữa số liệu tính toán và số liệu đo thực tế trên toàn tuyến đạt giá trị nhỏ nhất. Sự thay đổi tham số và lựa chọn kết quả thực hiện bằng phương pháp giao diện người - máy. Chương trình này sử dụng tiện lợi cho tài liệu thực tế ở đây với số điểm đo ít và phân bố không đều trên tuyến.

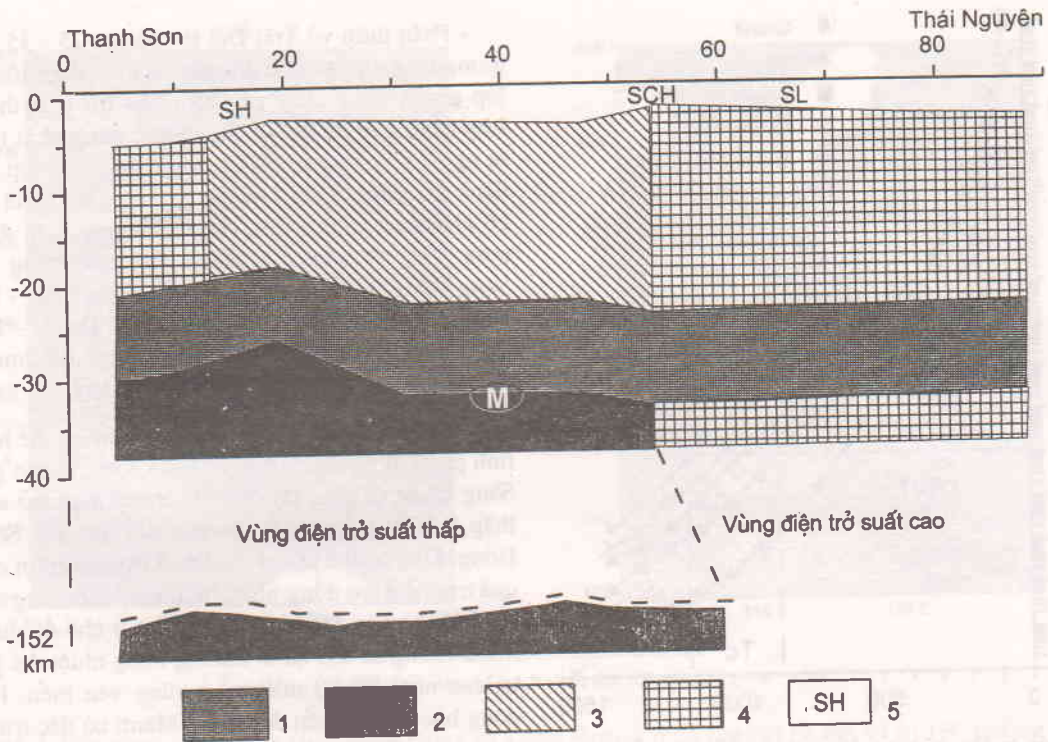
Kết quả phân tích là mặt cắt hai chiều thể hiện sự phân bố cấu trúc điện trở suất dưới tuyến đo (hình 5). Có thể mô tả tính chất phân dị điện trở suất theo chiều sâu gồm 4 lớp: 1) Lớp bề mặt phân bố tới độ sâu 5 - 6 km có giá trị điện trở suất thay đổi trên các điểm đo khác nhau, đặc trưng cho trầm tích ở các bồn trũng và đất đá phong hoá ở vùng địa hình cao; 2) Lớp thứ hai phân bố tới độ sâu 20 - 25 km có đặc trưng điện trở suất cao, phản ánh nền kết tinh và phần trên lớp granit của vỏ Trái Đất. Các cấu trúc điện trở suất thấp trong lớp này phản ánh tính chất giòn vỡ của vỏ Trái Đất trong đới Sông Hồng; 3) Lớp thứ ba phân bố tới độ sâu 25 - 30 km có đặc trưng điện trở suất thấp có lẽ liên quan đến dị thường nhiệt độ ở phần dưới vỏ Trái Đất; 4) Lớp thứ tư phân bố dưới độ sâu 25 - 30 km phân chia thành các đới có đặc trưng điện trở suất khác biệt, trong đó các đới điện trở suất thấp phản ánh dị thường nhiệt ở phần trên Manti. Bề mặt lớp dẫn điện trong thạch quyển ở độ sâu 125 km xác định theo đường tiệm cận h.

Ngoài tính chất phân dị theo chiều sâu, cấu trúc vùng nghiên cứu còn thể hiện tính phân đới theo chiều ngang. Kết quả nhận được thực chất thể hiện cấu trúc đới với những đặc trưng điện trở suất khác nhau: 1) Đới điện trở suất thấp có giá trị từ 20-30 đến 100 Ωm (nói chung nhỏ hơn 100 Ωm) ở trong vỏ Trái Đất, ở dưới mặt Moho đạt tới 300 Ωm , dưới độ sâu 125 km - điện trở suất còn khoảng 10 Ωm ; 2) Đới điện trở suất trung bình có giá trị trong khoảng 500 - 800 Ωm ; 3) Đới điện trở suất cao có giá trị lớn hơn 1.000 Ωm .

Ranh giới phân đới ngang của các cấu trúc điện trở suất phân bố phù hợp với vị trí các đứt gãy kiến tạo chính như: Sông Hồng, Sông Chảy và Sông Lô.

III. PHÂN TÍCH ĐẶC ĐIỂM CẤU TRÚC SÂU

Độ dẫn điện hay điện trở suất là một tham số vật lý phản ánh cấu trúc và một số quá trình hoạt động bên trong lòng đất đã được ghi nhận ở nhiều nơi trên thế giới [1, 3, 8, 17,....]. Ở phần trên của vỏ



Hình 5. Mặt cắt cấu trúc điện trở suất theo phân tích tài liệu tuyến Thanh Sơn - Thái Nguyên

1. đới điện trở suất thấp trong vỏ ($\rho_k < 100 \Omega m$), 2. đới điện trở suất thấp trong Manti ($\rho_k < 300 \Omega m$) và thạch quyển, 3. đới điện trở suất trung bình ($500 < \rho_k < 800 \Omega m$), 4. điện trở suất cao ($\rho_k > 1.000 \Omega m$), 5. đứt gãy kiến tạo theo địa chất : SH - Sông Hồng, SCH - Sông Chảy, SL - Sông Lô, M - ranh giới Moho

Trái Đất, vùng giảm điện trở suất thường liên quan đến tính chất giáp vờ của đá do hoạt động kiến tạo, sự có mặt các vật chất dẫn điện trong các đới sinh khoáng như kim loại, graphit... Còn ở phần dưới vỏ Trái Đất và Manti, vùng giảm điện trở suất thường liên quan với dị thường nhiệt độ do hoạt động địa động lực của thạch quyển. Vì vậy, các cấu trúc điện trở suất thấp là đối tượng được quan tâm hơn, bởi nó phản ánh tính chất bất thường về đặc điểm địa chất và các biểu hiện địa động lực.

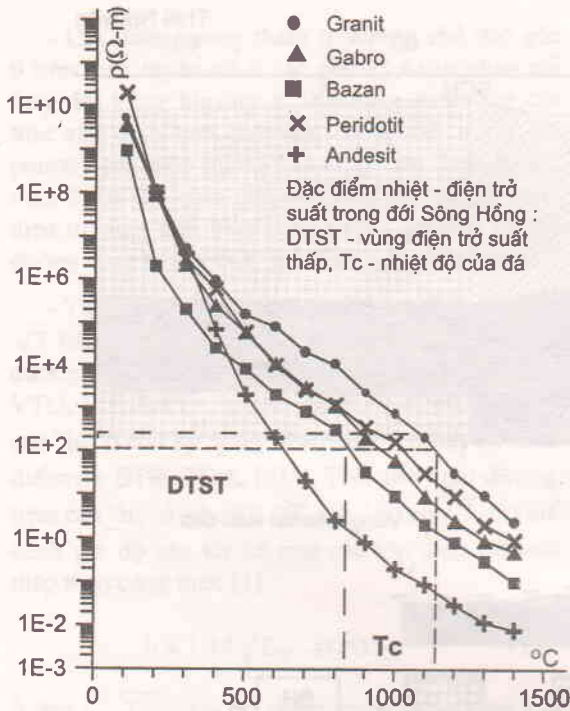
1. Về mối quan hệ nhiệt độ và điện trở suất của đá trong thạch quyển

Quan hệ phụ thuộc giữa độ dẫn điện (điện trở suất) của đá và nhiệt độ trong thạch quyển gây nên bởi cơ chế chuyển dẫn ion được thiết lập bằng phương trình [9] :

$$\sigma = 1/\rho = A_1 e^{-U_1/KT} + A_2 e^{-U_2/KT} \quad (11)$$

trong đó : σ và ρ - tương ứng độ dẫn điện và điện trở suất của đá, K - hằng số Boltzman ($= 1,38 \cdot 10^{-3} \text{ ev}^\circ\text{C}$), T - nhiệt độ, A_1 và A_2 - số ion dịch chuyển qua đơn vị mạng lưới tinh thể tương ứng các mức năng lượng giải phóng ion U_1 và U_2 . Từ giá trị các tham số này cho từng loại đá đặc trưng cho thạch quyển ở trạng thái rắn, xác định được bằng thực nghiệm [9] đã thiết lập đồ thị quan hệ điện trở suất phụ thuộc nhiệt độ của các loại đá theo công thức (11) và các tham số xác định thể hiện trên hình 6. Có thể thấy quy luật là nhiệt độ càng cao thì điện trở suất càng giảm, trong đó điện trở suất của andesit giảm mạnh hơn cả so với các đá khác.

Đối sánh giá trị điện trở suất thấp đặc trưng của các cấu trúc sâu nhận được từ tài liệu từ telua trên đới Sông Hồng với đồ thị (hình 6), đánh giá được nhiệt độ là 820-1.120 $^\circ\text{C}$ ở trên mặt Moho và đạt 800-1.100 $^\circ\text{C}$ ở dưới mặt Moho. Theo kết quả nghiên cứu thạch học và tinh thể thực nghiệm, ở khoảng nhiệt độ này với độ chứa nước 0,5-1% khối



Hình 6. Đồ thị biến đổi ρ theo nhiệt độ của đá

lượng, các đá trong thạch quyển bắt đầu nóng chảy (granite 650-750 °C, diorit 950-1000 °C, basal 1100-1150 °C) [7, 11,...]. Từ kết quả phân tích này cho phép nhận định: trong đới Sông Hồng có dị thường nhiệt độ cao là nguyên nhân gây ra các cấu trúc điện trở suất thấp trên tài liệu từ telua. Ở đây có khả năng xảy ra quá trình đối lưu dòng nhiệt từ thạch quyển cùng với hiện tượng tái xâm nhiễm nước gây nóng chảy cục bộ phần dưới vỏ Trái Đất. Trong các cấu trúc đó, đá có thể chuyển trạng thái từ rắn sang dẻo. Nguồn nhiệt trong Manti có thể là đới điện trở suất thấp dự báo được theo đường cong đo sâu tương ứng $h_2 = 125$ km.

2. Đặc điểm cấu trúc sâu và biểu hiện địa động lực đới Sông Hồng

Phân tích mối quan hệ giữa đặc trưng điện trở suất, đặc điểm địa chất và địa vật lý, cho phép nêu lên những thông tin về cấu trúc sâu và biểu hiện địa động lực trong đới Sông Hồng như sau:

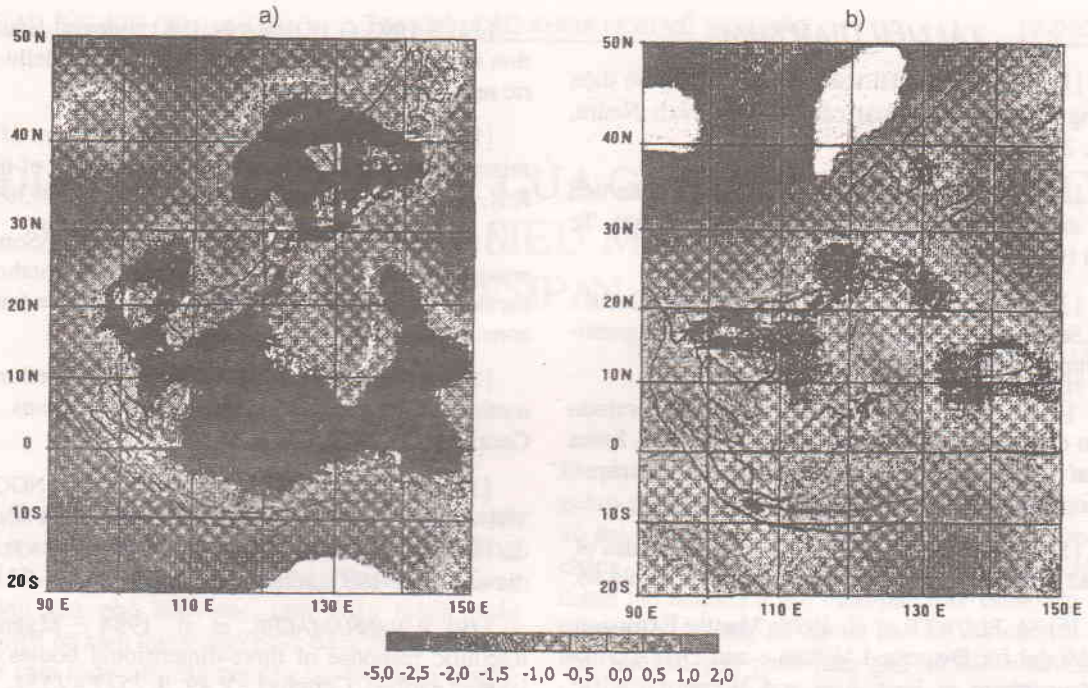
- Vùng điện trở suất thấp trong vỏ Trái Đất tới độ sâu 20 - 25 km thể hiện tính chất giòn vỡ của đới đứt gãy Sông Hồng phân bố giữa đứt gãy Sông Hồng và đứt gãy Sông Chảy trên bản đồ kiến tạo. Ngoài đới này vỏ Trái Đất thể hiện tính nguyên khối, rắn chắc (điện trở suất cao).

- Phần dưới vỏ Trái Đất tới độ sâu 25 - 35 km, tương ứng độ sâu mặt Moho, có khả năng tồn tại lớp granit nóng chảy cục bộ (điện trở suất thấp). Lớp này phân bố phổ biến, có khả năng phát triển ra ngoài phạm vi tuyến đo. Nhiệt độ trong lớp này đánh giá được trong khoảng 820 - 1120 °C, là nơi có khả năng hình thành các lò magma. Các điểm nước khoáng nóng đã phát hiện được trong đới Sông Hồng (Hung Hà - Thái Bình, Tiên Lãng - Hải Phòng, Gia Lộc - Hải Dương, Tam Thanh - Phú Thọ...) có thể là biểu hiện của quá trình đối lưu và tái xâm nhiễm nước tới lớp vỏ nóng chảy.

- Cấu trúc dưới vỏ Trái Đất (Manti trên) thể hiện tính phân dị ngang rõ nét. Rìa tây nam (từ đứt gãy Sông Chảy về phía tây) có đặc trưng điện trở suất thấp là biểu hiện phân sâu của đới đứt gãy Sông Hồng. Đây có thể là nơi có điều kiện thuận lợi cho quá trình đối lưu dòng nhiệt từ nguồn dị thường sâu (125 km) trong Manti lên bề mặt. Cơ chế đó được minh chứng sự tồn tại dị thường dòng nhiệt đạt giá trị cao nhất tới 90 mW/m² ở vùng ven biển. Rìa đông bắc (cuối tuyến đo) trong Manti có đặc trưng điện trở suất cao, phản ánh trạng thái bình thường của thạch quyển dưới vùng nền Nam Trung Hoa.

- Tính chất bất đồng nhất ngang của Manti trên và dị thường nhiệt dự báo ở độ sâu 125 km theo tài liệu từ telua cũng phù hợp với thông tin từ kết quả nghiên cứu địa động lực thạch quyển. Trên bản đồ khu vực cho thấy, tuyến đo từ telua nằm trong vùng dị thường Đông Dương thuộc miền dị thường thạch quyển bao gồm lãnh thổ Đông Á và Đông Nam Á (hình 7). Các nghiên cứu thạch học đã dẫn chứng khả năng ở đây có sự nâng trôi thạch quyển và tồn tại dị thường nhiệt độ và tốc độ truyền sóng ở Manti trên [6]. Bức tranh cắt lớp sóng địa chấn (Seismic tomographic imaging) trên hình 7 cho thấy, ở độ sâu $H = 66$ km tốc độ truyền sóng giảm mạnh nhất (tới -5 %) trên lãnh thổ Đông Dương bao gồm cả đới Sông Hồng. Điều đó khẳng định thêm cấu trúc điện trở suất thấp theo tài liệu từ telua và tính chất bất đồng nhất điện trở suất ở Manti trên là thông tin phản ánh điều kiện địa động lực thạch quyển.

- Trạng thái dẻo chảy dự báo theo tài liệu từ telua ở phần dưới vỏ Trái Đất cũng liên quan đến biểu hiện địa động lực, đặc biệt là tính hoạt động địa chấn. Các công bố về đặc điểm tính địa chấn miền Bắc Việt Nam trong những năm gần đây [9, 15, 18] cho thấy, 60 % số trận động đất ghi nhận được có chấn tiêu phân bố ở độ sâu 5 - 20 km. Nghĩa là,



Hình 7. Bức tranh cắt lớp địa chấn vùng Đông và Đông Nam Á ở độ sâu : a) 66 km và b) 190 km thể hiện dị thường (%) tốc độ truyền sóng (Zhang and Tanimoto, 1991 và Flower et al, 1998)

tính hoạt động địa chấn cao phân bố ở độ sâu nhỏ hơn lớp điện trở suất thấp theo tài liệu từ telua (20 - 30 km). Mọi quan hệ tương tự cũng được công bố ở nhiều nơi trên thế giới như trong rift Baikal ở Nga [10], ở Đài Loan [3], trong rift Corinth ở Hy Lạp [12]...

KẾT LUẬN

- Mặt cắt cấu trúc điện trở suất trên tuyến đo từ telua cắt qua đới Sông Hồng không những cho thông tin mới về cấu trúc sâu mà còn phản ánh trạng thái của vỏ Trái Đất và thạch quyển. Trên mặt cắt phân bố điện trở suất có thể xác định vùng giáp vờ của đới Sông Hồng. Phần dưới vỏ Trái Đất có lớp điện trở suất thấp phản ánh vùng nhiệt độ cao (820 - 1120 °C), ở đó có thể xảy ra hiện tượng tải xâm nhiễm nước gây nóng chảy cục bộ. Đới Sông Hồng là vùng dị thường Manti có nhiệt độ cao. Dị thường nhiệt trong thạch quyển (lớp dẫn điện) dự báo được theo tài liệu từ telua ở độ sâu 125 km. Rìa đông bắc vùng nghiên cứu thể hiện trạng thái bình thường của thạch quyển.

- Phân tích trạng thái cấu trúc sâu theo tài liệu từ telua có thể bổ sung thông tin và làm sáng

tỏ hơn về đặc điểm địa động lực thạch quyển và vỏ Trái Đất. Chấn tiêu động đất phân bố ở phần trên vỏ Trái Đất, ở độ sâu nhỏ hơn bề mặt lớp điện trở suất thấp trong Manti phù hợp với thông tin về tốc độ truyền sóng thấp, nhiệt độ cao của vùng dị thường thạch quyển Đông Á và Đông Nam Á, vùng dị thường dòng nhiệt cao xác định được ở vùng trung Hà Nội. Từ đó cho thấy, biểu hiện địa động lực đới Sông Hồng không chỉ liên quan đến quá trình dưng độ mảng Ấn Độ với mảng châu Á, mà còn bị chi phối bởi hoạt động nâng trôi thạch quyển.

Ứng dụng phương pháp từ telua nghiên cứu đới Sông Hồng được thực hiện với sự hỗ trợ thiết bị kỹ thuật và chuyên gia của Viện Vật lý Địa cầu Paris - Trung tâm Khoa học Quốc gia Pháp. Quá trình thực hiện có sự hỗ trợ kinh phí của Viện Địa chất, Viện Vật lý Địa cầu thuộc Trung tâm Khoa học Tự nhiên và Công nghệ Quốc gia. Các kết quả công bố trong bài là nội dung thực hiện đề tài nghiên cứu mã số 7.10.10 thuộc hướng nghiên cứu trọng điểm của chuyên ngành Khoa học về Trái Đất : "Nghiên cứu đới đứt gãy Sông Hồng" có tài trợ kinh phí của Hội đồng Khoa học Tự nhiên. Các tác giả chân thành cảm ơn sự ủng hộ và giúp đỡ của các cơ quan trên.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] M.N. BERDICHEVSKY, 1968 : Thăm dò điện bằng phương pháp mặt cắt từ telua. Nxb Nedra, M., 249 tr. (Nga văn).
- [2] M.N. BERDICHEVSKY et al, 1986 : Phân tích đo sâu từ telua. 1. Ảnh hưởng độ dẫn bề mặt. Tc Vật lý Trái Đất, 12, 24-38 (Nga văn).
- [3] CHOW-SON CHEN et al, 1988 : Deep Electrical Structures of Taiwan as inferred from Magnetotelluric observations. TAO, V 9, 1, 51-68.
- [4] D. DUCET, V.N. PHAM, 1984 : Generalization et optimalization de la methode des diff. finies pour la modelisation en Magneto-tellurique. Geophys. Prosp., 32, 303 - 314.
- [5] A.D. DUCHKOV et al, 1992 : First estimates of head flow in Vietnam. Sov Geol geophys, 33, 92-96.
- [6] M. FLOWER et al, 1998: Mantle Extrusion: A Model for Dispersed Volcanic and DUPAL-like Asthenosphere in East Asia and Western Pacific. Geodynamics, 27, 67 - 88.
- [7] J.N. IRVINE, 1970 : Heat transfer during solification of layered intrusions. Canad.J.Earth Sci., V 7, 4, 1031 - 1061.
- [8] G.V. KELLER and F.C. FRISCHKNECHT, 1966 : Electrical methods in Geophys. prosp. Pergamon Press Inc., 16 - 19.
- [9] NGÔ THỊ LƯU, 1997 : Các đặc điểm biểu hiện của tính địa chấn miền Bắc Việt Nam và lân cận thời kỳ 1987-1992. Tc CKHVTD, T19,1, 12-18.
- [10] U. MOISENKO, A.A. SMYSLOV, 1983 : On the earth crust geotermical model of Zabajkalie. Tras. of Leningrad Society of Naturalists 77 issue 2, 100 - 111.
- [11] D.Mc KENZIE, M.J. BIKLE, 1988 : The volume and composition of melt generated by extension of the lithosphere. J. Petrol., 26, 625-679.
- [12] PHAM VAN NGOC, et al, 1996 : Electrical conductivity and structure of the crust around the Gulf Corinth (Grece) from Magnetotelluric Sounding (MTS). C.R. Acad. Sci. Paris, T 323, serie IIa, 651 - 656.
- [13] P. TAPPONIER et al, 1982 : Propogating extrusion tectonic in Asia: new insights from simple experiments with plasticine. J. Geol. 10, 611 - 616.
- [14] S. TING, G. HOHMANN, 1981: Integral Equation modeling of three-dimensional magnetotelluric response. J. Geophys., V 46, 2, 182 - 197.
- [15] TSAI YI-BEN et al, 1999 : Deployment of a seismic network in Vietnam to study seis-city of the R.R. fault zone. J. Geology, serie B, 13-14, 304-305.
- [16] DOAN VAN TUYEN, et al, 1998 : Some results of application of Magnetotelluric method for deep structural investigation in Red River fault zone. J. Sci. of the Earth, T 20, 1, 16 - 20.
- [17] K. VOZOFF, 1972 : The magnetotelluric method in the exploration of sedimentary basins. J. Geophys., 37, 98 - 141.
- [18] NGUYỄN ĐÌNH XUYỀN, NGUYỄN NGỌC THUY, 1997 : Tính động đất và độ nguy hiểm động đất lãnh thổ Việt Nam. Thành tựu nghiên cứu vật lý địa cầu 1987-1997. Nxb KHvKT, Hà Nội, 35-91.
- [19] P.WANNAMAKER, et al, 1984 : Magnetotelluric response of three-dimensional bodies in layered earth. J. Geophys., V 49, 9, 1517 - 1533.

SUMMARY

The deep structures and geodynamics of Red River Fault zone based on Magnetotelluric data along profile Thanh Son - Thai Nguyen

The study of deep electrical conductivity is one of important problems in Red River fault zone (RRFZ). In this paper we presented initial results and interpretation of the Magnetotelluric survey on the profile crossing RRFZ named Thanh Son - Thai Nguyen. The determinant response of the impedance tensor was calculated for data analysis and interpretation. 2-D modeling by finite different method was used for MT data interpretation on the profile. The result shows existence of some low resistivity zones beneath the RRFZ. Based on the relationship between resistivity and temperature of rocks, the temperature in upper conductive structures is estimated as high as 800-1100°C. We proposed that the cause of this conductive zone probably related to the fluids released from dehydration reactions. The top of the upper conductive layer at depth 20-30 km corresponds with the bottom of the seismic activity. The lower conductive structure, at the depth 125 km, obtained by MT soundings may be related to temperature anomaly of the asthenosphere in Eastern Asia.

Ngày nhận bài : 30-11-2000

Viện Địa chất,
Viện Vật lý Địa cầu